

POWERED BY Dialog

Observation optical system for use in head-up display - guides light from display to eye using unit with curved face to totally reflect light having entrance face and curved face with variable optical power depending on azimuthal angle, and reflecting face

Patent Assignee: CANON KK; NISHIMURA T; YAMAZAKI S

Inventors: NISHIMURA T; YAMAZAKI S

Patent Family

Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Week	Type
EP 687932	A2	19951220	EP 95109058	A	19950612	199604	B
JP 7333551	A	19951222	JP 94130301	A	19940613	199609	
JP 8050256	A	19960220	JP 94204268	A	19940805	199617	
JP 8179238	A	19960712	JP 94336063	A	19941222	199638	
EP 687932	A3	19970312	EP 95109058	A	19950612	199722	
JP 11160651	A	19990618	JP 94130301	A	19940613	199935	
			JP 98277661	A	19940613		
KR 254730	B1	20000415	KR 9515477	A	19950613	200124	
			KR 9941863	A	19990929		
US 20010009478	A1	20010726	US 95478688	A	19950607	200146	
			US 97959285	A	19971024		
			US 2001768306	A	20010125		
JP 3406958	B2	20030519	JP 94130301	A	19940613	200334	
			JP 98277661	A	19940613		
JP 2003228018	A	20030815	JP 98277661	A	19940613	200362	N
			JP 200317542	A	19940613		

Priority Applications (Number Kind Date): JP 94336063 A (19941222); JP 94130301 A (19940613); JP 94204268 A (19940805); JP 98277661 A (19940613); JP 200317542 A (19940613)

Cited Patents: No search report pub.; EP 380035 ; EP 408344 ; EP 556598 ; EP 583116 ; EP 618471 ; GB 1578136; GB 2246900; JP 3101709; US 4081209

Patent Details

Patent	Kind	Language	Page	Main IPC	Filing Notes
EP 687932	A2	E	50	G02B-027/00	
Designated States (Regional): DE FR GB NL					
JP 7333551	A		11	G02B-027/02	
JP 8050256	A		14	G02B-027/02	

JP 8179238	A		8	G02B-027/02	
EP 687932	A3			G02B-027/00	
JP 11160651	A		11	G02B-027/02	Div ex application JP 94130301
KR 254730	B1			G02B-027/01	Div ex application KR 9515477
US 20010009478	A1			G02B-027/14	Cont of application US 95478688
					Div ex application US 97959285
JP 3406958	B2		12	G02B-027/02	Div ex application JP 94130301
					Previous Publ. patent JP 11160651
JP 2003228018	A		10	G02B-027/02	Div ex application JP 98277661

Abstract:

EP 687932 A

The optical system comprises has optical unit for guiding the light from the display to the eye. The unit has a curved face (2) for totally reflecting the light. The optical unit includes an entrance face for introducing the light from the display, the curved face and a reflecting face for reflecting the light towrds the eye.

The light reflected by the reflecting face is transmitted by the curved face to reach the eye. The curved face has variabl optical power depending on the azimuthal angle. The eye is illuminated, and a light receiver receives the light reflectec from the eye to detect its visual line.

ADVANTAGE - Provides compact display device with satisfactory suppressed aberrations.

1A,1B/24

Derwent World Patents Index

© 2004 Derwent Information Ltd. All rights reserved.

Dialog® File Number 351 Accession Number 10534976

(11)特許出願公開番号

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 表示手段で表示された可視域の映像情報を反射面を有する光学系を用いて観察者の眼球に途中結像させずに導光して該映像情報の虚像を観察する観察系と、該観察者の眼球に光源手段からの非可視光を入射させ、該眼球からの反射光束を該光学系の一部を介した後に、該光学系とは独立に設けた結像光学系により撮像手段面上に導光し、該撮像手段からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系とを設け、該視線検出系からの視線情報を利用して該表示手段に表示する映像情報を制御したことを特徴とする視線検出系を有した表示装置。

【請求項 2】 前記光学系は前記表示手段で表示した映像情報からの光束を観察者の眼球に導光するプリズム体を有し、該プリズム体は曲率を有した全反射作用をする反射面を有していることを特徴とする請求項 1 の視線検出系を有した表示装置。

【請求項 3】 前記プリズム体は前記表示手段で表示した映像情報からの光束を入射面より入射させ、該入射面からの光束を曲率を有した前面で全反射させ、該前面からの光束を曲率を有した凹面で反射させた後、該前面の一部より通過させて観察者の眼球に導光していることを特徴とする請求項 2 の視線検出系を有した表示装置。

【請求項 4】 前記プリズム体の前面又は／及び凹面はアジムス角により屈折力が異なっていることを特徴とする請求項 3 の視線検出系を有した表示装置。

【請求項 5】 観察者の眼球からの反射光束を前記プリズム体の少なくとも一部とダイクロイックミラー面を介した後に前記視線検出系の結像光学系に導光していることを特徴とする請求項 2 の視線検出系を有した表示装置。

【請求項 6】 観察者の眼球からの反射光束をダイクロイックミラー面を介した後に前記視線検出系の結像光学系に導光していることを特徴とする請求項 2 の視線検出系を有した表示装置。

【請求項 7】 前記結像光学系の前記観察者の眼球から前記撮像素子への結像倍率を β としたとき、

$$0.02 < |\beta| < 0.18$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 の視線検出系を有した表示装置。

【請求項 8】 前記プリズム体の前面の面頂点における母線断面の接線と眼球の光軸と垂直で該前面の面頂点を通る線とのなす角度を α としたとき、

$$|\alpha| \leq 20^\circ$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 3 の視線検出系を有した表示装置。

【請求項 9】 表示手段で表示された可視域の映像情報を反射面を有する光学系を用いて観察者の眼球に途中結像させずに導光して該映像情報の虚像を観察する観察系と、該観察者の眼球に光源手段からの非可視光を入射さ

2

せ、該眼球からの反射光束を該光学系の一部を介した後に、該光学系とは独立に設けた結像光学系により撮像手段面上に導光し、該撮像手段からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系と該表示手段に映像情報を送出する映像情報供給手段とを有し、該映像情報供給手段は該視線検出系からの視線情報に基づいて該表示手段に表示する映像情報を制御していることを特徴とする視線検出系を有した表示装置。

【請求項 10】 表示手段で表示された可視域の映像情報を曲率を有した全反射作用とする反射面を有する光学系を用いて観察者の眼球に導光して該映像情報の像を観察する観察系と、該観察者の眼球に光源手段からの非可視光を入射させ、該眼球から反射光束を該光学系の一部を介した後に、撮像手段面上に導光し、該撮像手段からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系とを設け、該視線検出系からの視線情報を利用して該表示手段に表示する映像情報を制御したことを特徴とする視線検出系を有した表示装置。

【請求項 11】 表示手段で表示された可視域の映像情報をアジムス角により屈折力が異なっている面を有する光学系を用いて観察者の眼球に導光して該映像情報の像を観察する観察系と、該観察者の眼球に光源手段から非可視光を入射させ、該眼球からの反射光束を該光学系の一部を介した後に撮像手段面上に導光し、該撮像手段からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系とを設け、該視線検出系からの視線情報を利用して該表示手段に表示する映像情報を制御したことを特徴とする視線検出系を有した表示装置。

【請求項 12】 前記視線検出系は、前記光学系とは独立に設けた結像光学系を所有することを特徴とする請求項 1 又は 11 の視線検出系を有した表示装置。

【請求項 13】 前記アジムス角により屈折力が異なる面は反射面であることを特徴とする請求項 11 の視線検出系を有した表示装置。

【請求項 14】 表示手段で表示された可視域の映像情報を反射面を有する光学系を用いて観察者の眼球に導光して該映像情報の像を観察する観察系と、該観察者の眼球に光源手段から非可視光を入射させ、該眼球からの反射光束を該光学系の一部を介した後に、該光学系とは独立に設けた結像光学系により撮像手段面上に導光し、該撮像手段からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系とを設け、該視線検出系からの視線情報を利用して該表示手段に表示する映像情報を制御し、該結像光学系の該観察者の眼球から該撮像素子への結像倍率を β としたとき

$$0.02 < |\beta| < 0.18$$

となる条件を満足することを特徴とする視線検出系を有した表示装置。

【請求項 15】 請求項 1, 9, 10, 11 又は 14 記載の視線検出系を有した表示装置を用いたことを特徴と

3

するヘッドアップディスプレイ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は視線検出系を有した表示装置に関し、特に情報視認者（観察者）の頭部に装着して表示手段で表示した映像情報（表示情報）を情報視認者の眼球に導光して該映像情報を観察するようにした、所謂ヘッドマウントディスプレイと称されるメガネ型、ゴーグル型、ヘルメット型の表示装置において、該表示手段で映像情報を表示して観察する際に、該映像情報を観察者の眼球の動き、即ち視線を検知する視線検出系からの信号を利用して種々と制御するようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】従来より情報視認者（観察者）の頭部に装着して表示手段に表示した映像情報を観察者の眼球に導光して観察するようにしたヘッドマウントディスプレイと称される表示装置が種々提案されている。そしてこのような表示装置に視線検出系、即ち観察者が観察している注視点方向の軸、所謂視線（視軸）を観察者の眼球面上を照明したときに得られる眼球の反射像を利用して検出するようにした視線検出系を設け、該視線検出系で得られる視線情報を利用して表示装置に表示された映像情報を制御するようにした装置が、例えば特開平3-101709号公報で提案されている。

【0003】同公報ではCRT等の表示手段で表示された映像情報を結像系で1次結像面に結像させ、該1次結像面に結像させた映像情報を接眼系を介して観察するようにした光学系を用いている。一方、赤外光を発する光源を設け、該光源からの赤外光を該光学系の一部を利用して観察者の眼球に入射させている。そして眼球からの反射光束を該光学系の一部と赤外光を透過し、可視光を反射するダイクロイックミラーを介して撮像素子面上に導光し、該撮像素子からの出力信号を用いて眼球の視線（動き）を検知している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般にヘッドマウントディスプレイとしての表示装置は、情報視認者の頭部へ装着して個人的に用いるので装置全体が小型軽量であることが望ましい。

【0005】前述の特開平3-101709号公報で提案されている装置においては、表示手段で表示された映像情報を一度結像させる1次結像方式の光学系を用いている。このため視線検出系には専用の結像系が不要となるが、光学系全体が複雑化し、観察者の頭部に装着する装置としては大型化する傾向があった。

【0006】本発明はヘッドマウントディスプレイ等の表示装置における表示手段で表示された映像情報を観察する観察系とその一部に設ける観察者の視線を検出する視線検出系の構成を適切に設定することにより、装置全

4

体の小型化を図りつつ、視線情報に基づいて観察系の表示手段で表示する映像情報の観察状態を種々と制御することができる視線検出系を有した表示装置の提供を目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の視線検出系を有した表示装置は、

（1-1）表示手段で表示された可視域の映像情報を反射面を有する光学系を用いて観察者の眼球に途中結像させずに導光して該映像情報の虚像を観察する観察系と、該観察者の眼球に光源手段からの非可視光を入射させ、該眼球からの反射光束を該光学系の一部を介した後に、該光学系とは独立に設けた結像光学系により撮像手段面上に導光し、該撮像手段からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系とを設け、該視線検出系からの視線情報を利用して該表示手段に表示する映像情報を制御したことを特徴としている。

【0008】特に、（1-1-1）前記光学系は前記表示手段で表示した映像情報からの光束を観察者の眼球に導光するプリズム体を有し、該プリズム体は曲率を有した全反射作用をする反射面を有していること。

【0009】（1-1-2）前記プリズム体は前記表示手段で表示した映像情報からの光束を入射面より入射させ、該入射面からの光束を曲率を有した前面で全反射させ、該前面からの光束を曲率を有した凹面で反射させた後、該前面の一部より通過させて観察者の眼球に導光していること。

【0010】（1-1-3）前記プリズム体の前面又は／及び凹面はアジムス角により屈折力が異なっていること。

【0011】（1-1-4）観察者の眼球からの反射光束を前記プリズム体の少なくとも一部とダイクロイックミラー面を介した後に前記視線検出系の結像光学系に導光していること。

【0012】（1-1-5）観察者の眼球からの反射光束をダイクロイックミラー面を介した後に前記視線検出系の結像光学系に導光していること。

【0013】（1-2）表示手段で表示された可視域の映像情報を反射面を有する光学系を用いて観察者の眼球に途中結像させずに導光して該映像情報の虚像を観察する観察系と、該観察者の眼球に光源手段からの非可視光を入射させ、該眼球からの反射光束を該光学系の一部を介した後に、該光学系とは独立に設けた結像光学系により撮像手段面上に導光し、該撮像手段からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系と該表示手段に映像情報を送出する映像情報供給手段とを有し、該映像情報供給手段は該視線検出系からの視線情報に基づいて該表示手段に表示する映像情報を制御していることを特徴としている。

【0014】（1-3）表示手段で表示された可視域の

5

映像情報を曲率を有した全反射作用とする反射面を有する光学系を用いて観察者の眼球に導光して該映像情報の像を観察する観察系と、該観察者の眼球に光源手段からの非可視光を入射させ、該眼球から反射光束を該光学系の一部を介した後に、撮像手段面上に導光し、該撮像手段からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系とを設け、該視線検出系からの視線情報を利用して該表示手段に表示する映像情報を制御したことを特徴としている。

【0015】(1-4)表示手段で表示された可視域の映像情報をアジム角により屈折力が異なっている面を有する光学系を用いて観察者の眼球に導光して該映像情報の像を観察する観察系と、該観察者の眼球に光源手段から非可視光を入射させ、該眼球からの反射光束を該光学系の一部を介した後に撮像手段面上に導光し、該撮像手段からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系とを設け、該視線検出系からの視線情報を利用して該表示手段に表示する映像情報を制御したことを特徴としている。

【0016】特に、前記視線検出系は、前記光学系とは独立に設けた結像光学系を所有することや、前記アジム角により屈折力が異なる面は反射面であることを特徴としている。

【0017】(1-5)表示手段で表示された可視域の映像情報を反射面を有する光学系を用いて観察者の眼球に導光して該映像情報の像を観察する観察系と、該観察者の眼球に光源手段から非可視光を入射させ、該眼球からの反射光束を該光学系の一部を介した後に、該光学系とは独立に設けた結像光学系により撮像手段面上に導光し、該撮像手段からの信号を用いて該観察者の眼球の視線を検出する視線検出系とを設け、該視線検出系からの視線情報を利用して該表示手段に表示する映像情報を制御し、該結像光学系の該観察者の眼球から該撮像素子への結像倍率を β としたとき

$$0.02 < |\beta| < 0.18$$

となる条件を満足することを特徴としている。

【0018】

【実施例】図1、図2は本発明の実施例1に係る観察系と視線検出系の光路を示す要部断面図である。図3は図2の要部平面図である。図4、図5は本発明を観察者の頭部に装着したときの概略図である。

【0019】図中、101は観察者、4は表示手段であり液晶表示素子等から成り可視域の映像情報を表示している。表示手段4はCD-ROM105やビデオカメラ106等の映像情報供給手段からの信号に基づいて映像情報を表示している。10は透明の平行平板より成る光学部材であり、その内部にはビームスプリッターとしての可視域通過で赤外域反射のダイクロイックミラー面7が設けられている。尚、ダイクロイックミラー面7の代わりに単なるハーフミラー面を用いても良い。

6

【0020】3はプリズム体であり、トーリック非球面より成る一部に全反射を利用した前面1、透明又は非透明の平面又は曲率を有した面より成る後面6、プリズム体3中に設けた半透過又は鏡面反射のトーリック非球面より成る凹面2、そして入射面5を有している。104は光軸(中心軸)であり、これは後述する眼球103の光軸と一致している。表示手段4から眼球103に至る光路中の各要素で、表示手段4で表示した映像情報の虚像を観察する観察系を構成している。102は光源手段であり、観察者101の眼球103の視線を検出する為に眼球103に赤外光(非可視光、波長880nm付近)を投光している。

【0021】8は結像光学系(結像レンズ)であり、図2に示すように光源手段102からの赤外光を観察者101の眼球103に照射したとき、該眼球103の角膜からの反射光による角膜反射像と瞳孔等の結像位置等をプリズム体3と光学部材10のダイクロイックミラー面7を介してCCD等の撮像素子9面上に結像している。結像レンズ8は表示手段4の映像情報の虚像を観察する観察系とは独立に設けている。光源手段102からの眼球103を介して撮像素子9に至る光路中の各要素で観察者101の眼球103の視線を検出する視線検出系を構成している。本実施例では以上のように、観察系と視線検出系の各要素を設定することにより、2つの系を用いたときの光学系全体の小型化を容易にしている。

【0022】次に図1を用いて表示手段4に表示した映像情報の虚像を観察する観察系について説明する。本実施例では表示手段4で表示された映像情報に基づく光束(可視光束)を光学部材10のダイクロイックミラー面7を通過させプリズム体3にその入射面5より導入している。そしてプリズム体3の前面1で全反射させた後に凹面2で反射集光して前面1を通過させて観察者101の眼球103に導光している。このとき前面1、凹面2の曲率を適切に設定することにより、表示手段4に表示した映像情報を途中結像させることなく、即ち1次結像面を設けずに該映像情報の虚像を観察者101の前方に表示している。

【0023】このように本実施例では観察系を虚像タイプより構成し、これにより観察者101は該映像情報の虚像を観察するようにしている。尚、本実施例において凹面2を半透過面、後面6を透過面とし、後面6の曲率を適切に設定することにより、外景の画像情報と表示手段4の映像情報の虚像とを空間的に重畳して双方を同一視野で同一視度として観察するようにしても良い。

【0024】本実施例の観察系では、図4や図5に示すように観察者101が有しているCD-ROM105やビデオカメラ106等の映像情報供給手段からの映像情報を表示手段4に表示する際に、視線検出系で得られた観察者の眼球の視線情報を利用して、例えばオートフォーカス(ビデオカメラの焦点合わせ)、電子ズーム(視

7

線方向の情報を電氣的に拡大)、ズーム駆動(視線で抽出した画面寸法となるようにビデオカメラの焦点距離 f を演算し、その焦点距離に合わせる)、そしてメニュー視線選択(測光、ストロボ、パノラマ等)等の制御をしている。

【0025】次に図2を用いて観察者101の眼球103の視線を検出する視線検出系について説明する。光源手段102からの赤外光で観察者101の眼球103を照明する。眼球103の角膜で反射した赤外光をプリズム体3の前面1を通過させ、凹面2で反射させて前面1

で全反射させた後に、入射面5より射出して光学部材10に導光している。そして光学部材10のダイクロイックミラー面7で反射させ、次いで光学部材10の面10aで全反射させた後に結像レンズ8により撮像素子9に入射させている。

【0026】ここで結像レンズ8は観察系を虚像タイプとした為に結像作用がない為に用いている。これにより撮像素子9面上に眼球103の角膜反射像や瞳孔等の眼球103に関する像を形成している。そして該撮像素子9からの信号を用いて眼球103の視線を検出している。

【0027】本実施例における眼球の視線の検出方法としては、例えば本出願人が先に提案した特開平1-274736号公報や特開平3-11492号公報等で開示した方法を用いている。

【0028】図6(A)、(B)は本実施例で用いているプリズム体3の要部断面図である。図6(A)、(B)ではプリズム体3を観察系として用いた場合を示すが、視線検出系として用いる場合は光路が逆となるだけであり、光学作用は同じである。表示手段4の表示面から垂直に発した光束4aはプリズム体3の入射面5を介してトーリック非球面より成る前面1に入射角度43度以上で前面1で全反射するように入射させている。前面1で全反射した光束4aをトーリック非球面より成る凹面2に入射角度43度以下で反射させ前面1より射出させている。

【0029】前面1は曲率を有しており、一部で全反射作用を行い、他の一部で透過作用をするようにしている。これにより2つの曲面を持つのと等価とし、凹面2と合わせて全体として3つの曲率を有した反射光学系を構成している。これにより光学系全体の焦点距離を短くし(後述する数値実施例では20~25mm)、光学系全体の小型化を図っている。

【0030】本実施例では観察系と視線検出系にアジマス角度により屈折力が異なる、即ちアジマス角度により曲率が異なるトーリック面又はトーリック非球面又はアナモフィック非球面を前面1と凹面2そして入射面5に適用している。これにより凹面2への入射光線と反射光線のなす角度を大きくして光学系全体の小型化を図ったときに発生してくる偏心収差を良好に補正している。

8

【0031】前面1と後面6の曲率は光が双方の面を通過するとき、屈折力が小さいメニスカス状のレンズ形状となるようにしている。これにより後面6を介して外の風景等の画像情報を観察するときに画像情報が良好に観察されるようにしている。

【0032】子線断面内において前面1が負の屈折力を有するようにして凹面2の正の屈折力で発生する諸収差を補正している。ここで子線とは、設計値の眼球中心に光が導かれる表示手段の画像中心からの光路を含む面と垂直な面である(図6の紙面と垂直方向)。

【0033】尚、本実施例においては前面1の母線断面も負の屈折力を有するようにしても良く、これによれば子線断面を負の屈折力としたのと同様の効果が得られる。ここで母線断面とは、設計値の眼球中心に光が導かれる表示手段の画像中心からの光路を含む面である(図6の紙面内)。

【0034】図6(B)に示すように、前面1の面頂点における母線断面での接戦 L と眼球の光軸104と垂直で前面1の面頂点を通る線 m とのなす角度(チルド角度)を α としたとき、

$$|\alpha| \leq 20^\circ \quad \dots\dots (1)$$

となるようにしている。条件式(1)の如く、角度 α を20度より小さくして、これにより表示手段4の映像情報の虚像と外の風景等の画像情報を空間的に重畳させて双方を観察するときの歪みを少なくし、かつ光軸方向のプリズムの厚さを薄くしている。

【0035】次に本実施例の表示手段4から眼球103に至る光路中に設けた各要素(入射面5、前面1、凹面2)を有する観察系及び視線検出系の前述以外の特徴について説明する。

【0036】(2-1)本実施例において結像レンズ8の眼球103から撮像素子9への結像倍率 β は、 $0.02 < |\beta| < 0.18 \quad \dots\dots (2)$

としている。ここで条件式(2)の上限値を越えると眼球像の倍率が大きくなりすぎ撮像素子の有効径が増大してくるので良くない。また条件式(2)の下限値を越えると視線検出系の焦点距離をより短くしなければならず、この結果、諸収差の発生が多くなってきて良好なる眼球像が得られなくなってくる。

【0037】(2-2)観察系における母線断面と子線断面の全系の焦点距離を各々 f_y 、 f_x としたとき、 $0.9 < |f_y/f_x| < 1.1 \quad \dots\dots (3)$

なる条件を満足するようにしている。これにより、どのアジマス角度においても全系の焦点距離が略一定となるようにして、表示手段で表示された映像情報の母線方向と子線方向のアスペクト比の補正を不要としている。

【0038】(2-3)凹面2の母線断面と子線断面の近軸曲率半径を各々 R_y 、 R_x としたとき、 $|R_x| < |R_y| \quad \dots\dots (4)$

となる条件を満足するようにしている。観察系を小型に

するには母線断面で凹面の光軸を眼球の光軸から時計方向に大きくチルトさせる必要がある。そうすると偏心収差が多く発生してくる。これに対して子線断面は偏心させるところが少ないので偏心収差の発生が少ない。そこで本実施例では条件式(4)で示すように、母線断面の曲率半径 R_y を子線断面の曲率半径 R_x より大きくして、即ち母線方向の屈折力を子線方向の屈折力に比べて弱くして母線断面での偏心収差を小さくしている。

【0039】特に本実施例において条件式(4)を
 $|R_x/R_y| < 0.85$ (5)
 の如く設定するのが偏心収差の補正上好ましい。

【0040】(2-4)プリズム体3の入射面5をトリック面又はアナモフィック面としたときは、母線断面と子線断面の近軸曲率半径を各々 R_{y5} 、 R_{x5} としたとき、

$$|R_{y5}| < |R_{x5}| \quad \text{..... (6)}$$

としている。入射面5の母線断面は比較的偏心収差の発生が少ない。そこで凹面2と前面1の母線断面の屈折力をあまり強くすることができない代わりに、入射面5の母線断面の屈折力を強くして、これにより観察系全体と*

$$0.1 < |2f_x/R_{x1}| < 2.0 \quad \text{..... (7)}$$

$$0.5 < |2f_x/R_{x2}| < 2.5 \quad \text{..... (8)}$$

としている。条件式(7)、(8)の上限値は曲率半径 R_{x1} 、 R_{x2} の屈折力が強くなる方向、逆に下限値は屈折力が弱くなる方向である。条件式(7)の上限値を越えると歪曲収差の補正が難しくなってくる。また下限値を越えると全反射条件を満足するのが難しくなってくる。条件式(8)の上限値を越えると非点収差の補正が*

$$0 < |2f_y/R_{y1}| < 1.0 \quad \text{..... (9)}$$

$$0.2 < |2f_y/R_{y2}| < 2.5 \quad \text{..... (10)}$$

としている。条件式(9)、(10)の上限値は曲率半径 R_{y1} 、 R_{y2} の屈折力が強くなる方向、逆に下限値は屈折力が弱くなる方向である。条件式(9)の上限値を越えると偏心歪曲収差の補正が難しくなり、また下限値を越えると全反射条件を満足するのが難しくなってくる。条件式(10)の上限値を越えると偏心非点収差の発生が多くなり、また下限値を越えるとレンズ全長が長くなり光学系全体が大型化してくるので良くない。

【0045】(2-9)凹面2は眼球の光軸104より母線断面(Y方向)で表示手段4側へ平行偏心している。これにより母線断面内での偏心歪曲収差を小さく抑えている。このときの平行偏心のシフト量(図6(B)に示すように光軸104から凹面2の面頂点までの距離)をEとしたとき、

$$2.5 \leq E \quad \text{..... (11)}$$

となるようにして偏心歪曲収差を良好に補正している。

【0046】(2-10)(1)式におけるチルト角度 α を、

$$-15^\circ \leq \alpha \leq 5^\circ \quad \text{..... (12)}$$

としている。これにより光学系全体を効果的に小型にし

*してどのアジマス角度でも焦点距離が略一定となるようにしている。

【0041】(2-5)子線断面内において、光束が前面1で全反射するときのその領域での屈折力が負、凹面2の屈折力が正、前面1で透過するときのその領域での屈折力が負となるようにして良好なる光学性能を得ている。また入射面5に屈折力を付与するときは母線断面を正とするのが良く、これによれば全体としての母線断面での正の屈折力の不足を補うことができる。

10 【0042】(2-6)母線断面内において、光束が前面1で全反射するときのその領域での屈折力が負、凹面2の屈折力が正となるようにして良好なる光学性能を得ている。また入射面5に屈折力を付与するときは子線断面内において正の屈折力とするのが良く、これによれば子線断面内での収差を少なくすることができる。

【0043】(2-7)子線断面内において、前面1の光束が全反射するときのその領域と凹面2の曲率半径を各々 R_{x1} 、 R_{x2} 、全系の焦点距離を f_x としたとき、

※難しくなってくる。また下限値を越えると光学系全体が大型化、特に光軸と平行な方向での厚さが厚くなってくるので良くない。

【0044】(2-8)母線断面内において、前面1の光束が全反射する領域と凹面2の曲率半径を各々 R_{y1} 、 R_{y2} 、全系の焦点距離を f_y としたとき

ている。条件式(12)の下限値を越えると映像情報の歪みが大きくなり、また上限値を越えるとプリズム体3の光軸104方向の厚みが増加してくるので良くない。

【0047】図7～図10は本発明の実施例2～5のプリズム体3近傍の視線検出系の一部を変更したときの要部概略図である。

【0048】図7の実施例2では実施例1に比べて、光学部材10を観察者の眼球103とプリズム体3との間に設けて、それに伴い結像レンズ8と撮像素子9とを設けている点が異なっており、その他の構成は同じである。本実施例では視線検出系に偏心面がないので視線を高精度に検出することができるという特長がある。

【0049】図8の実施例3では実施例1に比べて、プリズム体3の内部にダイクロック面7を傾けて設け、それに伴い結像レンズ8と撮像素子9を設けている点が異なっており、その他の構成は同じである。本実施例では部品点数を少なくして、光学系全体により小型化を図っている。

50 【0050】図9の実施例4では実施例1に比べて、光学部材10をプリズム体3よりも眼球103に対して遠

11

方に配置している。そして凹面2を可視光反射で赤外光透過のダイクロイック膜を施している。また光学部材10に半透過、または100%反射またはダイクロイック膜を施した反射面11を傾けて設け、それに伴い結像レンズ8と撮像素子9を設けている点が異なっており、その他の構成は同じである。本実施例の部材を観察者の頭部に装着したときの概略図を図11に示す。

【0051】図10の実施例5では実施例1に比べて、平行平板より成る光学部材10を用いずにプリズム体3の入射面5に可視光透過で赤外光反射のダイクロイックミラー7を設け、それに伴い結像レンズ8と撮像素子9を設けている点が異なっており、その他の構成は同じである。本実施例の部材を観察者の頭部に装着したときの概略図は図12に示す。

【0052】尚、以上の各実施例の視線検出系を有した表示装置は、所謂ヘッドアップディスプレイ装置にそのまま適用することができる。

【0053】次に本実施例の数値実施例を示す。数値実施例においては、図1～図3を参照して各要素を次のようにして示している。

- (1) 眼球103を座標系の原点(0, 0)
(2) 眼球103から光線を追跡し、視線検出系におい*

$$Z = \frac{y^2/ryi}{1 + \sqrt{1 - (1+ki)(y/ryi)^2}} + Aiy^4 + Biy^6 + Ciy^8 + Diy^{10}$$

(iは面番号)

で、子線断面(X, Z断面)は球面である。

※【0057】

【0056】またAALの定義式は

※【数2】

$$Z = \frac{y^2/ryi + x^2/rix}{1 + \sqrt{1 - \{(1+kyi)(y/ryi)^2 + (1+kxi)(x/rix)^2\}}} + Axi\{(1+Api)y^2 + (1-Api)x^2\}^2 + Bri\{(1+Bpi)y^2 + (1-Bpi)x^2\}^3 + Cri\{(1+Cpi)y^2 + (1-Cpi)x^2\}^4 + Dri\{(1+Dpi)y^2 + (1-Dpi)x^2\}^5$$

(iは面番号)

である。

★【0059】

【0058】また本発明に使用しているALは非球面(回転対称)であり、ALの定義式は

★

【数3】

$$Z = \frac{y^2/ryi}{1 + \sqrt{1 - (1+ki)(y/ryi)^2}} + Aiy^4 + Biy^6 + Ciy^8 + Diy^{10}$$

(iは面番号)

である。面頂点座標Y, Zは眼球の面頂点を(0, 0)としたときの絶対座標。母線断面チルト角度は眼球の光軸に対する各面の光軸のチルト角度(時計と反対方向を正)。反射面(全反射面)はMを付している。nd, v dをd線の屈折率とアッペ数である。

(数値実施例1)

(視線検出系)

【0060】

【外1】

12

*て、

- 1=1 眼球
1=2 前面1(透過面)
1=3 凹面2
1=4 前面1(全反射面)
1=5 入射面5
1=6 光学部材10の入射面
1=7 ダイクロイック面
1=8
10 1=9 光学部材10の射出面
1=10 結像レンズの入射面
1=11 結像レンズの射出面
1=12 撮像素子

観察系において、

- 1=8 映像情報の入射面
1=9 映像情報の表示面
(3) TALはトーリック非球面

AALはアナモフィック非球面を表わしている。

【0054】TALの定義は母線断面(Y, Z断面)が

20 下記非球面式

【0055】

【数1】

13

14

	ryi	rx				
	[母線曲率半径]		[子線曲率半径]			
			[面頂点座標Y,Z]	[母線断面傾斜角度]		
i= 1	∞		(0, 0)	0°	眼球	
i= 2	-514.575	-52.805	(0, 21.15)	0	TAL	nd=1.49171 νd=57.4
i= 3	-63.546	-42.575	(26.30, 35.96)	-3.33	TAL-M	
i= 4	-514.575	-52.805	(0, 21.15)	0	TAL-M	
i= 5	∞		(20.72, 28.06)	65.37		
i= 6	∞		(21.18, 28.27)	65.37		nd=1.51633 νd=64.1
i= 7	∞		(23.41, 28.20)	30.37	M	
i= 8	∞		(21.18, 28.27)	65.37	M	
i= 9	∞		(24.93, 20.09)	-54.64		
i=10	-1.889		(26.90, 21.14)	-54.64	AL	nd=1.49171 νd=57.4
i=11	1.426		(29.35, 19.41)	-54.64	AL	
i=12	∞		(30.51, 18.95)	-51.60	撮像素子	
〈観察系〉						
i= 8	∞		(23.91, 29.52)	65.37		nd=1.51633 νd=64.1
i= 9	∞		(24.98, 30.01)	59.37	映像情報	

〈TAL, ALデータ〉

*-1.09 (11) E=26.3

TAL2, 4: K=460.670, A=-0.227E-5, B=0.179E-7, C=-0.45
3E-10, D=0.429E-13(2) |β| = 0.10 |Rx2/Ry2| = 0.67 (9) 2fy/Ry1 =
-0.04TAL3 : K=1.105, A=-0.709E-6, B=-0.273E-8, C=-0.19
1E-11, D=0.631E-15(3) |fy/fx| = 1.00 (7) 2fx/Rx1 = -0.88 (10) 2fy/Ry2 =
-0.36AL10 : K=-3.858, A=0.851E-2, B=-0.101, C=0.14
9, D=-0.755E-1

(数値実施例2)

AL11 : K=-0.113, A=0.195, B=-0.590, C=0.47
1, D=-0.138

〈視線検出系〉

【0 0 6 1】

30 【外2】

(1) α=0

(5) |Rx1/Ry1| = 0.10 (8) 2fx/Rx2 = *

	ryi	rx				
	[母線曲率半径]		[子線曲率半径]			
			[面頂点座標Y,Z]	[母線断面傾斜角度]		
i= 1	∞		(0, 0)	0 °	眼球	nd=1.49171 νd=57.4
i= 2	-514.575	-52.805	(0, 21.15)	0	TAL	
i= 3	-63.546	-42.575	(26.30, 35.96)	-3.33	TAL	
i= 4	-514.575	-52.805	(0, 34.15)	0	TAL	
i= 5	∞		(0, 37.15)	45	M	nd=1.49171 νd=57.4
i= 6	-1.889		(-13.0, 37.15)	90	AL	
i= 7	1.426		(-16.0, 37.15)	90	AL	
i= 8	∞		(-17.27, 37.15)	90	撮像素子	
〈観察系〉						
i= 3	-63.546	-42.575	(26.30, 35.96)	-3.33	TAL-M	nd=1.51633 νd=64.1
i= 4	-514.575	-52.805	(0, 21.15)	0	TAL-M	
i= 5	∞		(20.72, 28.06)	65.37		
i= 6	∞		(24.05, 29.59)	54.25	映像情報	

〈TAL, ALデータ〉

50 TAL2, 4: K=460.670, A=-0.227E-5, B=0.179E-7, C=-0.45

15

16

3E-10, D=0.429E-13

TAL3 : K=1.105, A=-0.709E-6, B=0.273E-8, C=-0.19

1E-11, D=0.631E-15

AL6 : K=-3.858, A=0.851E-2, B=-0.101, C=0.14

9, D=-0.755E-1

AL7 : K=-0.113, A=0.195, B=-0.590, C=0.47

1, D=-0.138

(1) $\alpha=0$ (5) $|R_{x1}/R_{y1}|=0.10$ (8) $2f_x/R_{x2}=$

-1.09 (11) E=26.3

* (2) $|\beta|=0.05$ $|R_{x2}/R_{y2}|=0.67$ (9) $2f_y/R_{y1}=$

-0.04

(3) $|f_y/f_x|=1.00$ (7) $2f_x/R_{x1}=-0.88$ (10) $2f_y/R_{y2}=$

-0.36

(数値実施例3)

(視線検出系)

【0062】

【外3】

*

	ryi	rx	
	ri	xi	
	母線曲率半径	子線曲率半径	

[面頂点座標V, Z] [母線断面傾斜角度]

i= 1 ∞ (0, 0) 0° 眼球

i= 2 -2158.074 -32.224 (0.60, 19.85) -10.55 AAL

i= 3 -63.157 -32.870 (34.76, 30.92) 15.81 AAL-M

i= 4 -2158.074 -32.224 (0.60, 19.85) -10.55 AAL-M

i= 5 72.108 1049.744 (14.82, 29.02) 53.74 AAL

i= 6 ∞ (14.98, 29.14) 53.74i= 7 ∞ (17.19, 29.51) 18.74 Mi= 8 ∞ (14.98, 29.14) 53.74 Mi= 9 ∞ (20.31, 21.88) -66.27

i=10 -1.889 (22.03, 23.31) -68.27 AL

i=11 1.426 (24.77, 22.10) -66.27 AL

i=12 ∞ (25.96, 21.91) -63.23 撮像素子

(観察系)

i= 8 ∞ (17.40, 30.91) 53.74i= 9 ∞ (18.21, 31.50) 44.74 映像情報nd=1.49171
 $\nu d=57.4$ nd=1.51633
 $\nu d=64.1$ nd=1.49171
 $\nu d=57.4$ nd=1.51633
 $\nu d=64.1$

(AAL, ALデータ)

AAL2, 4:

Ky=-13763.5, AR=-0.170E-4, BR=0.406E-7, CR=-0.154E

-9, DR=0.223E-12

Kx=-3.896, AP=-0.245, BP=0.416E-1, CP=0.870E-

1, DP=-0.203E-1

AAL3:

Ky=1.238, AR=-0.317E-5, BR=0.248E-8, CR=-0.179E-

11, DR=0.608E-15

Kx=0.279, AP=-0.249, BP=0.327E-2, CP=-0.192E

-1, DP=0.181E-1

AAL5:

Ky=6.825, AR=-0.114E-4, BR=-0.402E-6, CR=0.113E

-8, DR=-0.411E-10

Kx=-1.33E+6, AP=0.273E+1, BP=0.155E+1, CP=0.160E

+1, DP=-0.644

AL10 : K=-3.858, A=0.851E-2, B=-0.101, C=0.149, D=

-0.755E-1

AL11 : K=-0.113, A=0.195, B=-0.590, C=0.471, D=

-0.138

(1) $\alpha=-10.5$ (5) $|R_{x1}/R_{y1}|=0.01$ (8) $2f_x/R_{x2}=$

-1.47 (11) E=34.8

(2) $|\beta|=0.12$ $|R_{x2}/R_{y2}|=0.52$ (9) $2f_y/R_{y1}=$

-0.02

(3) $|f_y/f_x|=0.96$ (7) $2f_x/R_{x1}=-1.5$ (10) $2f_y/R_{y2}=-$

0.73

(数値実施例4)

(視線検出系)

【0063】

【外4】

17

18

	ryi	rx				
	[母線曲率半径] [子線曲率半径]		[面頂点座標Y, Z]		[母線断面傾斜角度]	
i= 1	∞		(0, 0)	0 °	眼球	
i= 2	-9423.260	-47.769	(0, 20.38)	1.50	AAL	nd=1.49171 ν d=57.4
i= 3	-65.701	-36.469	(33.13, 29.99)	14.29	AAL-M	
i= 4	-9433.260	-47.769	(0, 20.38)	1.50	AAL-M	
i= 5	7188.930	-49.971	(16.33, 26.54)	62.55	AAL	
i= 6	∞		(19.89, 27.27)	21.55	M	nd=1.49171 ν d=57.4
i= 7	-1.889		(21.28, 20.34)	-11.45	AL	
i= 8	1.426		(21.88, 17.39)	-11.45	AL	
i= 9	∞			-8.45	撮像素子	
〈観察系〉						
i= 7	∞		(21.11, 29.03)	55.43	映像情報	

〈AAL, ALデータ〉

AAL2, 4:

Ky=-361850, AR=-0.183E-4, BR=0.381E-7, CR=-0.114E-9, DR=0.153E-12

Kx=-13.802, AP=-0.317, BP=-0.602E-1, CP=0.272E-1, DP=-0.211E-1

AAL3:

Ky=1.227, AR=-0.209E-5, BR=0.308E-8, CR=-0.190E-11, DR=0.505E-15

Kx=0.172, AP=0.472, BP=0.553E-1, CP=-0.265E-1, DP=0.751E-2

AAL5:

Ky=987000, AR=-0.871E-5, BR=-0.264E-6, CR=0.469E-13, DR=0.137E-11

Kx=-70.169, AP=41.763, BP=-0.395, CP=0.183E+

2, DP=-0.988

AL7 : K=-3.858, A=0.851E-2, B=-0.101, C=0.149, D=-0.755E-1

20 AL8 : K=-0.113, A=0.195, B=-0.590, C=0.471, D=-0.138

(1) $\alpha=1.5$ (5) $|Rx1/Ry1|=0.005$ (8) $2fx/Rx2=$ -1.22 (11) $E=33.1$ (2) $|\beta|=0.10$ $|Rx2/Ry2|=0.56$ (9) $2fy/Ry1=$

-0.46

(3) $|fy/fx|=1.00$ (7) $2fx/Rx1=-0.93$ (10) $2fy/Ry2=$

-0.61

(数值実施例 5)

〈視線検出系〉

30 【0064】

〔外 5〕

19		20	
ryi rxi			
[母線曲率半径] [子線曲率半径]			
		[面頂点座標Y, Z]	[母線断面#と角度]
i= 1	∞	(0, 0)	0° 眼球
i= 2	-9538.246	-47.590	(0, 21.30) 7.28 AAL
i= 3	-65.6	-36.035	(32.96, 31.40) 14.67 AAL-M
i= 4	-9538.246	-47.590	(0, 21.30) 0.28 AAL-M
i= 5	225.188	727.642	(16.47, 28.45) 65.28 AAL
i= 6	∞	(16.92, 28.60)	67.28
i= 7	∞	(19.15, 28.51)	35.28 M
i= 8	∞	(16.92, 28.66)	67.28 M
i= 9	∞	(19.69, 29.82)	67.28 M
i=10	∞	(23.55, 20.60)	-167.72
i=11	1.889	(21.38, 20.05)	-167.72 AL
i=12	-1.426	(20.74, 17.12)	-167.72 AL
i=13	∞	(20.19, 16.01)	-164.69 撮像素子
〈観察系〉			nd=1.49171 vd=57.4
i= 8	∞	(19.69, 29.82)	67.28
i= 9	∞	(22.02, 29.17)	54.10 映像情報
			nd=1.51633 vd=64.1

〈AAL, ALデータ〉

AAL2, 4:

Ky=-387540, AR=-0.183E-4, BR=0.378E-7, CR=-0.117E-9, DR=0.158E-12

Kx=-20.897, AP=-0.300, BP=-0.548E-1, CP=0.326E-1, DP=-0.228E-1

AAL3:

Ky=1.213, AR=-0.224E-5, BR=0.305E-8, CR=-0.190E-11, DR=0.500E-15

Kx=0.165, AP=-0.464, BP=0.630E-1, CP=-0.251E-1, DP=0.380E-2

AAL5:

Ky=559.028, AR=-0.675E-5, BR=0.182E-6, CR=0.212E-12, DR=-0.189E-10

Kx=-99429.4, AP=0.486E+1, BP=-0.125E+1, CP=0.111E+2, DP=-0.789

AL11 : K=-3.858, A=0.851E-2, B=-0.101, C=0.149, D=-0.755E-1

AL12 : K=-0.113, A=0.195, B=-0.590, C=0.471, D=-0.138

(1) $\alpha=0.28$ (5) $|R_{x1}/R_{y1}|=0.005$ (8) $2f_x/R_{x2}=-1.26$ (11) $E=33.0$

(2) $|\beta|=0.11$ $|R_{x2}/R_{y2}|=0.55$ (9) $2f_y/R_{y1}=-0.005$

(3) $|f_y/f_x|=1.00$ (7) $2f_x/R_{x1}=-0.95$ (10) $2f_y/R_{y2}=-0.69$

[0065]

【発明の効果】本発明によれば以上のように、ヘッドマ

ウントディスプレイ等の表示装置における表示手段で表示された映像情報を観察する観察系とその一部に設ける観察者の視線を検出する視線検出系の構成を適切に設定することにより、装置全体の小型化を図りつつ、視線情報に基づいて観察系の表示手段で表示する映像情報の観察状態を種々と制御することができる視線検出系を有した表示装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1の観察系の光路を示す概略図

【図2】 本発明の実施例1の視線検出系の光路を示す概略図

【図3】 本発明の実施例1の視線検出系の光路を示す概略図

【図4】 本発明の表示装置を観察者に装着したときの説明図

【図5】 本発明の表示装置を観察者に装着したときの説明図

【図6】 図1の一部分の拡大説明図

【図7】 本発明の実施例2のプリズム体近傍の要部概略図

【図8】 本発明の実施例3のプリズム体近傍の要部概略図

【図9】 本発明の実施例4のプリズム体近傍の要部概略図

【図10】 本発明の実施例5のプリズム体近傍の要部概略図

【図11】 本発明の実施例4の観察系と視線検出系の

21

22

光路を示す概略図

【図 1 2】 本発明の実施例 5 の観察系と視線検出系の

光路を示す概略図

【符号の説明】

- 1 前面
- 2 凹面
- 3 プリズム体
- 4 表示手段
- 5 入射面
- 6 後面

7 ダイクロイックミラー面

8 結像光学系

9 撮像素子

10 光学部材

101 観察者

102 光源手段

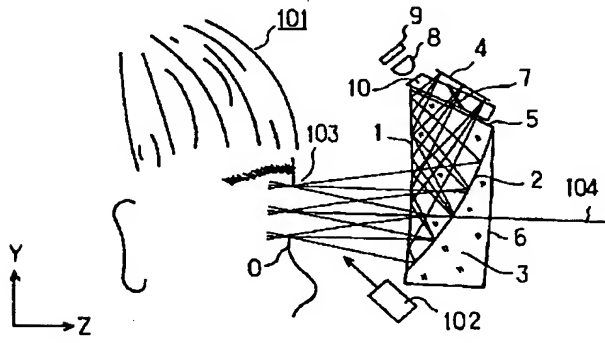
103 眼球

104 光軸

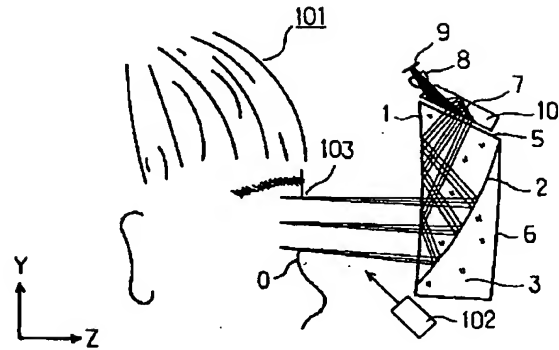
105 映像情報供給手段

10

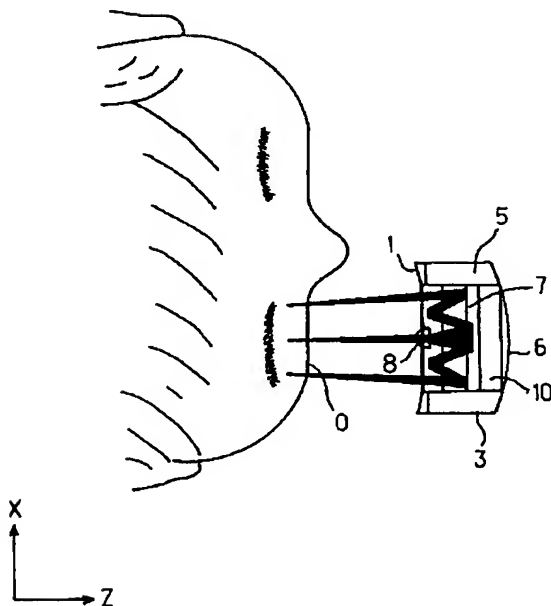
【図 1】



【図 2】



【図 3】



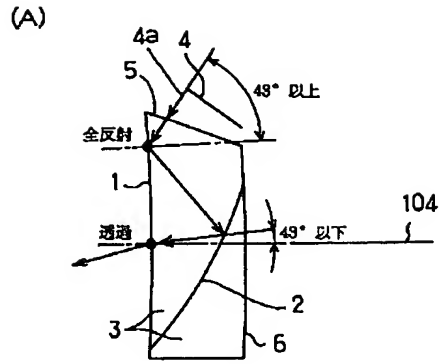
【図 4】



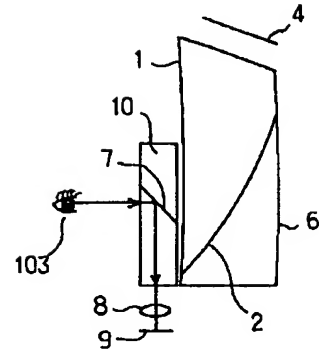
【図5】



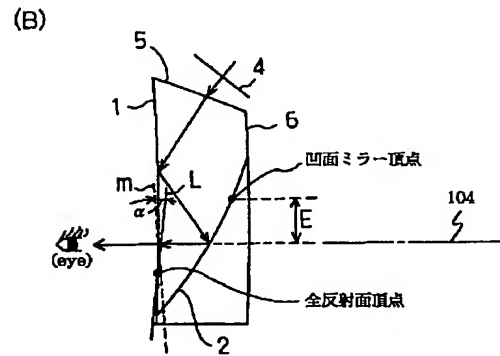
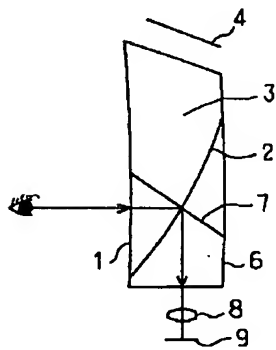
【図6】



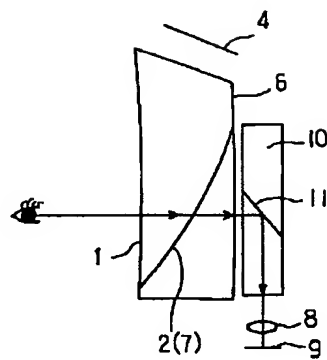
【図7】



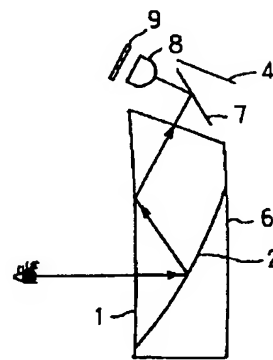
【図8】



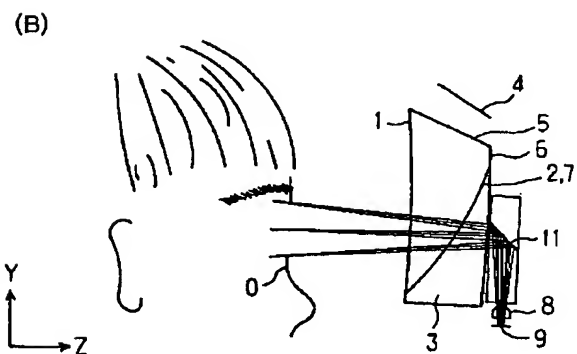
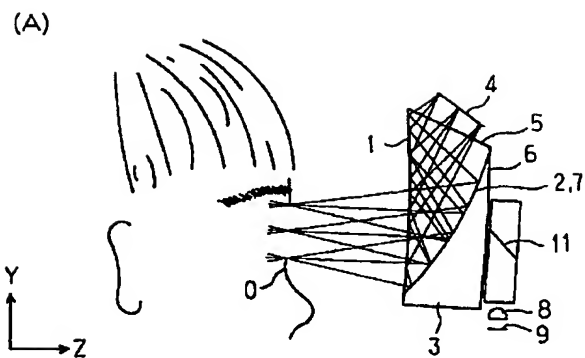
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

